干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

利用红外相机监测新疆天池博格达峰自然保护区鸟兽资源

白 慧[1,2,3,4]， 尹丽颖[1,5]， 苏辉明[6]， 高 峰[6]， 穆玉琴[6]， 张芸芸[4,5]，
童玉平[1,2,3,4]， 徐文轩[1,2,3]， 曹秋梅[1,2]， 杨维康[1,2,3]， 徐 峰[1,2,3,4]

（1. 中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室，新疆 乌鲁木齐 830011； 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所标本馆，新疆 乌鲁木齐 830011； 3. 中国科学院新疆生态与地理研究所木垒野生动物监测实验站，新疆 木垒 831900； 4. 中国科学院大学，北京 100049； 5. 石河子大学生命科学学院，新疆 石河子 832003； 6. 新疆天池博格达峰自然保护区管理局，新疆 阜康 831500）

摘 要：红外相机技术目前已成为监测陆栖哺乳动物和地栖鸟类的常用技术手段。为监测新疆天池博格达峰自然保护区内鸟类和兽类资源，于2019年7月—2020年9月，在保护区内选取30个红外相机位点共布设58台红外相机，累积工作29730个工作日，共获得99850份图像及视频数据，采集独立有效照片5744张；共观测到野生陆生脊椎动物9目19科29种，其中兽类5目10科15种，鸟类4目9科14种。观测到的动物中有国家I级重点保护野生动物雪豹（*Panthera uncia*），国家II级重点保护野生动物6种，分别为北山羊（*Capra sibirica*）、马鹿（*Cervus canadensis*）、猞猁（*Lynx lynx*）、赤狐（*Vulpes vulpes*）、黑鸢（*Milvus migrans*）以及暗腹雪鸡（*Tetraogallus himalayensis*）。森林生境中，兽类相对多度指数最高的是马鹿（RAI=60.569），鸟类相对多度指数最高的是山斑鸠（*Streptopelia orientalis*，RAI=0.854）；高山草甸及裸岩生境中，兽类相对多度指数最高的是马鹿（RAI=18.693），鸟类相对多度指数最高的是暗腹雪鸡（RAI=0.316）和黄嘴山鸦（*Pyrrhocorax graculus*，RAI=0.854）。物种累积曲线结果显示：兽类物种数在200 d之后几乎不再增长，而鸟类物种数在100 d之后增速放缓但一直持续增长，表明时长450 d的红外相机监测力度对保护区中的兽类而言较为充分，对鸟类而言还不够充分。研究结果可为新疆天池博格达峰自然保护区野生陆生脊椎动物多样性监测与评估提供数据参考，为该保护区的保护管理工作提供科学依据。

关 键 词：相对多度指数；网格占有率；物种累积曲线；物种多样性
文章编号：

哺乳动物是生态系统的重要组成部分，研究群落中哺乳动物的多样性，对了解生态系统的结构和功能、提出监测和保护计划具有重要意义[1]。与此同时，鸟类作为群落中重要的类群，也可以同等重要地反映出群落中的生物多样性[2]。近年来，我国大部分自然保护区均布设了红外相机，对保护区内的野生动物多样性进行调查和评估[3]。与传统的样点法、样线法等调查方法相比，红外相机优势明显，可连续工作24 h，对生境的干扰程度很低[4]，同时对野生动物的侵入伤害低，损伤性较小，适宜获取活动隐蔽、在复杂生境活动的野生动物信息[5]，因此红外相机被广泛应用于野生动物的行为学研究、本底资源调查、生物多样性监测等工作中。李明富等[6]利用红外相机监测四川唐家河自然保护区内的扭角羚（*Budorcas taxicolor*），发现并总结了扭角羚冬、春季的日活动模式和时间分配；宋大昭等[7]利用红外相机技术对山西晋中庆城林场的华北豹（*Panthera pardus japonesis*）开展了长达7 a的连续监测，准确评估了林场内华北豹的种群现状；刘鹏等[8]通过在四川大相岭自然保护区布设红外相机，初步了

收稿日期：2021-09-10； **修订日期**：2022-01-03
基金项目：第二次青藏高原综合科学考察项目（2019QZKK0501）；中国科学院生物多样性监测研究网络项目（Sino-BON）资助
作者简介：白慧（1996-），女，硕士研究生，主要从事动物生态学研究. E-mail: 383393286@qq.com
通讯作者：徐峰（1981-），男，博士，副研究员，主要从事动物生态与保护生物学研究. E-mail: xufeng@ms.xjb.ac.cn

解到保护区内兽类和鸟类的物种多样性，为野生动物的研究和保护管理提供了参考依据。目前，使用红外相机观测到的鸟兽总数达到已知野生动物总数的27.78%~72.97%，这对学者了解某一区域鸟兽物种多样性有很大的帮助[9]。

新疆天池博格达峰自然保护区（以下简称博峰保护区）处于西北干旱半干旱地区，生物多样性较为丰富，珍稀濒危物种多[10]，但是由于调查方法及设备的局限性，早期研究采用样点样线法调查保护区内野生脊椎动物多样性，而对于这些动物的分布环境、相对多度等并未研究，并且各种动物的影像资料也非常有限。此外各等级的自然保护区都是我国生物多样性保护的重要区域，对保护区内的野生动物开展长期的监测工作是保护生物多样性必不可少的环节[3]。因此，为弥补常规调查方法持续时间短、范围有限的不足，以及为了充分了解博峰保护区内的鸟类和兽类多样性，并积累相关的影像资料，作者于2019年7月—2020年9月，利用红外相机，连续开展了博峰保护区内鸟兽多样性的监测工作，以期为长期观测与分析保护区内鸟类和兽类的物种多样性、分布及相对多度奠定基础，为保护区的保护管理工作提供科学指导。

1 研究区概况

博峰保护区，地理位置为43°45′~43°59′N、88°00′~88°20′E，总面积38069 hm²，海拔1300~5445 m，最大高差4056 m[11]。保护区地处天山山脉[12]，属于大陆性干旱区温带气候带，年均温2.55 ℃，降水集中于4—9月，年均降水量443.9 mm[13]。保护区经过长期的自然生物生态过程演变，自然景观垂直分布带谱明显，植被类型自上而下可分为高山垫状植被带、高山草甸带、亚高山草甸带、山地常绿针叶林带、山地草原带、河谷落叶阔叶林带[14]，并且在较短的垂直距离内海拔急剧升高，浓缩了雪山、冰川、湖泊、河流、森林、草甸等自然景观[15]。保护区共有野生陆生脊椎动物25目56科179种，其中国家Ⅰ、Ⅱ级重点保护野生动物30种[10-15]。

2 研究方法

2.1 相机布设

根据保护区的环境特征和前期调查动物的分布情况，在两大生境类型中布设红外相机：一是林区森林生境，海拔在1500~2600 m的区域，该区域鸟类和兽类多样性较高，是天山的代表性森林生境；二是林线以上的高山草甸及裸岩生境，该区域海拔高，本次监测主要集中在海拔2600~3800 m的区域，这里人类干扰少，是雪豹（*Panthera uncia*）和北山羊（*Capra sibirica*）等高山珍稀濒危物种的分布生境。在2类生境类型中选择30个红外相机位点，共布设58台红外相机（图1）。其中，森林生境中，选择3个区域17个点布设红外相机；林线以上的高山草甸及裸岩生境中，考虑到布设难度和物种分布区域，选取其中2条海拔落差最大、生境最完整的河谷由低到高（2615~3880 m）布设13个红外相机位点。为提高相机拍摄率，参考国内外相关文献，根据以下4个方面选择红外相机的具体布设位点：动物的活动痕迹（如兽道、粪便、食迹）[8]、地形（是否平坦，视野开阔）[16]、太阳照射角度（避免太阳直射）[17]和周围的植被环境（有适当遮蔽条件）[16,18]，满足其中至少2项条件就可以布设红外相机，不同位点间间隔至少300 m以上，所有位点附近不放置任何诱饵。布设红外相机时长为20 d，林区地形较为平坦，均徒步到达；林线以上的地区地形崎岖陡峭，选择骑马上山，夜间在平坦处搭建帐篷，直至相机布设完毕骑马返回山下。

红外相机型号分为东方红鹰（E1B）、猎科（Ltl6210）以及OMG（H881W）3种类型，这3种型号的红外相机是目前国内野生动物红外相机监测研究中广泛应用的型号，其中东方红鹰红外相机为本

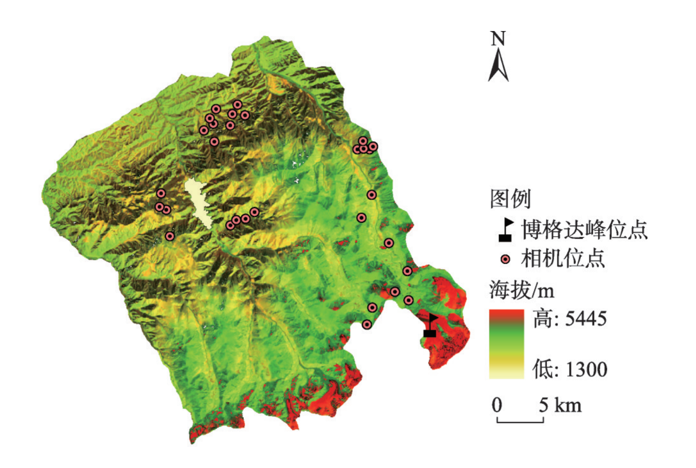


图1 天池博格达峰自然保护区红外相机布设位点

Fig. 1 Camera-trapping sites in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

次研究专门采购的相机，其他2种相机为保护区原有的红外相机。它们都具有IP68级防护级别，可拍摄30 s的1920×1080像素的高清视频，1~3张1080p像素的图片，夜间监测拍摄距离达20 m以上、使用普通碱性电池待机时长为4~6个月等共同特征，并且根据本次调查的结果，这几种品牌相机的调查结果无差异。所有相机参数统一设置，包括日期、时间、拍摄模式（拍照+录像）、照片分辨（1080p）、拍摄间隔（1 s）、连拍（3张）、视频（30 s）、灵敏度（中）。记录相机的编号、海拔、经纬度以及相机布设点的环境信息。布设在林区的红外相机固定在树干上，其他生境中的红外相机布设在岩石上、石堆中等环境，一般距地面高度50~80 cm，相机镜头与地面平行或与地面呈小于5°的俯角[8]。监测时间为2019年7月—2020年9月，每3~6个月所有相机进行一次维护，维护内容为：更换相机内存卡、数据回收、检查相机电量以及工作状态，维护时长15 d左右。

2.2 数据处理

整理监测时间段内所有红外相机的影像资料，先去除未拍摄到动物和识别不清的照片，对有野生动物出现的照片和视频进行物种鉴定与分类。分别对每台相机数据建立Excel表，整理相机位点编号、温度、物种名称、数量及拍摄时间。兽类和鸟类分类系统参考《中国哺乳动物多样性》[19]和《中国鸟类分类与分布名录（第三版）》[20]。物种鉴定参考《中国兽类野外手册》[21]和《中国鸟类野外手册》[22]，通过目视解译确定具体物种名称。物种濒危等级的界定参考《中国脊椎动物红色名录》[23]和世界自然保护联盟（IUCN）红色名录（https://www.iucnredlist.org/）。国家保护等级的鉴定参考《国家重点保护野生动物名录》（http://hlj.people.com.cn/n2/2020/0417/c396545-33955916.html）。

将同一红外相机监测位点30 min内拍摄到的重复出现的同一物种的照片与视频记为一张独立有效照片[24-25]，单台红外相机野外持续工作24 h记为1个有效相机工作日，借助Excel表格完成有效照片数和有效相机工作日的汇总[26]。

使用相对多度指数（Relative abundance index，RAI）评估物种相对数量[27-28]。计算公式如下：

$$\mathrm{RAI}_i = \frac{A_i}{N} \times 100 \qquad (1)$$

式中：RAI_i代表第i类物种的相对多度；A_i代表第i类（i=1, 2, …）物种在某一生境类型中所有相机位点拍摄的独立有效照片数；N代表该生境类型中所有相机位点的工作日总和。

网格占有率（Grid occupancy，GO）又称为物种相机位点出现率，使用该指数评估布设红外相机的区域内某物种分布的广泛度[29]。计算公式为：

$$\mathrm{GO}_i = \frac{n_i}{T} \times 100\% \qquad (2)$$

式中：GO_i代表某一生境类型中第i类物种出现的相机位点数占该生境类型中所有相机位点数的比例；n_i代表红外相机拍摄到的第i类物种出现的的相机位点数；T代表该生境类型中所有相机位点数。

为检测本次调查是否满足物种调查强度，以相机工作日为自变量，调查期间鸟兽物种数出现的累计频次为因变量建立统计模型，每间隔30个相机日（1个月）统计鸟兽物种数累积频次，在Origin 2017中绘制曲线并进行指数拟合处理[27]。

3　结果与分析

本次监测共在30个位点布设了58台红外相机（表1）。累计工作29730个工作日，共获得照片和视频99850份，其中独立有效照片5744张，包括兽类照片共5437张，占独立有效照片数的94.6%；鸟类照片共124张，占独立有效照片数的2.2%；家畜照片共183张，占独立有效照片数的3.2%。此外，58台红外相机中有5台相机丢失，其余均正常工作。图2所示为不同生境中红外相机工作的近景照片。

本次调查共记录到29种鸟兽，隶属于8目21科，其中兽类15种，包括偶蹄目6种，食肉目5种，啮齿目2种，兔形目1种，奇蹄目1种；鸟类14种，包括雀形目10种，鸡形目2种，隼形目1种，鸽形目1种。其中森林生境中记录到15种鸟兽，林线以上的高山草甸及裸岩生境中记录到20种鸟兽，有6种鸟兽同时出现在2种生境类型中，分别为野猪（*Sus scrofa*）、马鹿（*Cervus elaphus*）、赤狐（*Vulpes vulpes*）、红腹红尾鸲（*Phoenicurus erythrogastrus*）、马（*Equus caballus*）、牛（*Bos taurus*）。记录到国家I级重点保护野生动物1种，为雪豹；国家Ⅱ级重点保护野生动物6种，分别为北山羊、马鹿、猞猁（*Lynx lynx*）、赤狐、黑鸢（*Milvus migrans*）和暗腹雪鸡（*Tetraogallus himala-*

表1 天池博格达峰自然保护区红外相机位点信息

Tab. 1 Information of infrared camera installation location in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

位点编号	相机编号	经度/E	纬度/N	海拔/m	典型生境特征描述
TB-1	48、49	88°15′53.80"	43°48′51.68"	3625	山脊
TB-2	50、51	88°15′38.12"	43°48′53.29"	3880	山脊
TB-3	46、47	88°16′58.11"	43°49′23.04"	3610	山坡
TB-4	36、37、38、39	88°17′36.17"	43°49′41.35"	3545	山坡
TB-5	44、45	88°17′34.00"	43°50′40.83"	3280	溪边
TB-6	40、41、42、43	88°16′43.27"	43°51′38.44"	3230	山坡
TB-7	32、33	88°15′27.24"	43°52′30.50"	3398	山坡
TB-8	34、35	88°15′56.91"	43°53′16.80"	3010	山坡
TB-9	18、19	88°15′18.59"	43°54′49.80"	2615	山坡
TB-10	30、31	88°15′36.05"	43°54′50.97"	2865	山坡
TB-11	26、27	88°15′52.89"	43°54′49.37"	3066	山坡
TB-12	22	88°16′02.70"	43°54′54.88"	3240	山脊
TB-13	23	88°16′10.82"	43°55′06.50"	3320	山脊
TB-14	69	88°09′18.66"	43°52′19.05"	1910	针叶林
TB-15	71	88°09′35.15"	43°52′29.59"	2030	林间开阔地
TB-16	52、53	88°10′01.33"	43°52′31.88"	2096	林间开阔地
TB-17	54、55	88°10′26.90"	43°52′45.30"	2202	溪边
TB-18	56、57、67	88°06′27.99"	43°51′58.64"	2686	针叶林
TB-19	58	88°06′00.05"	43°52′58.63"	2480	林间开阔地
TB-20	59	88°06′18.88"	43°52′52.51"	2520	针叶林
TB-21	60、61	88°06′04.83"	43°53′26.01"	2208	针叶林
TB-22	16、17	88°08′36.61"	43°55′09.46"	1904	垭口
TB-23	15	88°08′07.64"	43°55′32.85"	1790	林间开阔地
TB-24	4、5、6	88°08′34.61"	43°55′45.94"	1788	针叶林
TB-25	1、2、3	88°08′24.59"	43°55′57.18"	1605	针叶林
TB-26	10	88°09′22.06"	43°55′42.19"	1906	针叶林
TB-27	11、12	88°10′03.96"	43°56′02.35"	1920	垭口
TB-28	14	88°09′43.32"	43°56′24.18"	1726	林间开阔地
TB-29	13	88°09′28.53"	43°56′05.20"	1777	林间开阔地
TB-30	7、8、9	88°08′42.78"	43°56′15.84"	1620	林间开阔地

yensis)。被IUCN红色名录列为易危(VU)的1种,即雪豹;被IUCN红色名录列为近危(NT)的2种,分别为北山羊和亚洲狗獾(*Meles leucurus*)。被中国脊椎动物红色名录评为濒危(EN)的4种,分别为马鹿、白鼬(*Mustela erminea*)、猞猁和雪豹;评为近危(NT)的6种,分别为狍(*Capreolus pygargus*)、北山羊、亚洲狗獾、赤狐、松鼠(*Sciurus vulgaris*)和暗腹雪鸡(表2、表3)。部分物种红外相片如图3所示。

森林生境中,兽类相对多度指数最高的是马鹿(RAI=60.596),其次为狍(RAI=45.125);鸟类相对多度指数最高的是山斑鸠(*Streptopelia orientalis*,RAI=0.854),其次是星鸦(*Nucifraga caryocatactes*,RAI=0.177),鸟类中仅被一个相机位点记录到一张独立有效照片的动物为红腹红尾鸲。对森林生境中各物种的网格占有率(GO)分析结果显示:兽类网格占有率最高的是马鹿(100%),其次为野猪(82.353%);鸟类网格占有率最高的是山斑鸠(17.647%),其次为黑鸢(11.765%)(表2)。

林线以上的高山草甸及裸岩生境中,兽类相对多度指数最高的是马鹿(RAI=18.693),其次为野猪(RAI=1.686),白鼬仅被1个相机位点捕捉到1张独立有效照片。鸟类相对多度指数最高的是暗腹雪鸡(RAI=0.316)和黄嘴山鸦(*Pyrrhocorax graculus*,RAI=0.316),鸟类中仅被1个相机位点记录到1张



图2　天池博格达峰自然保护区不同生境中红外相机工作的近景照

Fig. 2　Photos of infrared cameras working in different habitats in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

独立有效照片的动物为白斑翅拟蜡嘴雀(*Mycerobas carnipes*)、高原岩鹨(*Prunella himalayana*)、白斑翅雪雀(*Montifringillla nivalis*)和乌鸫(*Eurasian Thrush*)。对林线以上的高山草甸及裸岩生境中各物种的网格占有率(GO)分析结果显示兽类网格占有率最高的是北山羊(61.538%),鸟类网格占有率最高的是暗腹雪鸡(30.769%)(表3)。

保护区的鸟兽物种累积曲线结果如图4所示,兽类监测物种数在0~50 d快速增长,增长率为66.7%,50~200 d累积曲线增速减慢,增长率降为26.7%,200 d之后,累积曲线趋于一渐近线,增长率仅为6.7%;鸟类监测物种数0~100 d呈现较快增长趋势,增长率为57.1%,100~300 d累积曲线增速减慢,增长率降为28.6%,300~450 d呈现缓慢上升的趋势,增长率为14.3%。总体物种累积曲线变化趋势与兽类累积曲线相似。

4　讨论

本次鸟兽多样性调查是保护区成立以来首次采用红外相机开展的调查,过去对该保护区的鸟兽调查多采用样点法、样线法等传统方法,这些方法有局限性,对于种群密度低、主要在夜间活动、隐秘性强的物种很难记录到,红外相机的出现解决了这

表2 天池博格达峰自然保护区红外相机记录到森林生境的兽类和鸟类物种名录

Tab. 2 List of mammals and birds recorded by infrared camera in the forest environment of Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

纲	目	科	物种	IUCN 红色名录	中国脊椎动物红色名录	国家保护等级	红外相机位点数	独立有效照片数	相对多度指数（RAI）	网格占有率（GO）/%
哺乳纲 Mammalia	偶蹄目 Artiodactyla	猪科 Suidae	1. 野猪 *Sus scrofa*	LC	LC		14	562	9.057	82.353
		鹿科 Cervidae	2. 马鹿 *Cervus elaphus*	LC	EN	II	17	3760	60.596	100.000
			3. 狍 *Capreolus pygargus*	LC	NT		4	28	45.125	23.529
	食肉目 Carnivora	鼬科 Mustelidae	4. 亚洲狗獾 *Meles leucurus*	NT	NT		3	10	0.161	17.647
		犬科 Canidae	5. 赤狐 *Vulpes vulpes*	LC	NT	II	3	15	0.242	17.647
		猫科 Felidae	6. 猞猁 *Lynx lynx*	LC	EN	II	2	2	0.032	11.765
	兔形目 Lagomorpha	兔科 Leporidae	7. 蒙古兔 *Lepus tolai*	LC	LC		1	9	0.145	5.882
	啮齿目 Rodentia	松鼠科 Sciuridaep	8. 松鼠 *Sciurus vulgaris*	LC	NT		1	16	0.258	5.882
鸟纲 Aves	隼形目 Falconiformes	鹰科 Accipitridae	9. 黑鸢 *Milvus migrans*	LC	LC	II	2	2	0.032	11.765
	鸽形目 Columbiformes	鸠鸽科 Columbidae	10. 山斑鸠 *Streptopelia orientalis*	LC	LC		3	53	0.854	17.647
	雀形目 Passeriformes	鸦科 Corvidae	11. 小嘴乌鸦 *Corvus corone*	LC	LC		1	4	0.064	5.882
			12. 星鸦 *Nucifraga caryocatactes*	LC	LC		1	11	0.177	5.882
		鹟科 Muscicapidae	13. 红腹红尾鸲 *Phoenicurus erythrogastrus*	LC	LC		1	1	0.016	5.882
家畜 Livestock			14. 马 *Equus caballus*				8	30	0.483	47.059
			15. 牛 *Bos taurus*				5	90	1.450	29.412

注：IUCN为世界自然保护联盟；LC、NT、EN分别为无危、近危、濒危。下同。

表3　天池博格达峰自然保护区红外相机记录到高山草甸及裸岩生境的兽类和鸟类物种名录

Tab. 3　List of mammals and birds recorded by infrared camera in the alpine meadow and bare rock environment of Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

纲	目	科	物种	IUCN红色名录	中国脊椎动物红色名录	国家保护等级	红外相机位点数	独立有效照片数	相对多度指数(RAI)	网格占有率(GO)/%
哺乳纲 Mammalia	偶蹄目 Artiodactyla	猪科 Suidae	1. 野猪 *Sus scrofa*	LC	LC		2	80	1.686	15.39
		鹿科 Cervidae	2. 马鹿 *Cervus elaphus*	LC	EN	II	4	887	18.693	30.77
		牛科 Bovidae	3. 北山羊 *Capra sibirica*	NT	NT	II	8	40	0.843	61.54
	食肉目 Carnivora	鼬科 Mustelidae	4. 白鼬 *Mustela erminea*	LC	EN		1	1	0.021	7.69
		犬科 Canidae	5. 赤狐 *Vulpes vulpes*	LC	NT	II	4	20	0.421	30.77
		猫科 Felidae	6. 雪豹 *Panthera uncia*	VU	EN	I	2	2	0.042	15.39
	啮齿目 Rodentia	仓鼠科 Circetidae	7. 普通田鼠 *Microtus arvalis*	LC	LC		2	4	0.084	15.39
鸟纲 Aves	雀形目 Passeriformes	鸦科 Corvidae	8. 黄嘴山鸦 *Pyrrhocorax graculus*	LC	LC		2	15	0.316	15.39
		鹟科 Muscicapidae	9. 红腹红尾鸲 *Phoenicurus erythrogastrus*	LC	LC		2	3	0.063	15.39
		燕雀科 Fringillidae	10. 白斑翅拟蜡嘴雀 *Mycerobas carnipes*	LC	LC		1	4	0.084	7.69
			11. 林岭雀 *Leucosticte nemoricola*	LC	LC		2	6	0.126	15.39
			12. 高山岭雀 *Leucosticte brandti*	LC	LC		2	4	0.084	15.39
		岩鹨科 Prunellidea	13. 高原岩鹨 *Prunella himalayana*	LC	LC		1	1	0.021	7.69
		雀科 Passeridae	14. 白斑翅雪雀 *Montifringillla nivalis*	LC	LC		1	1	0.021	7.69
		鸫科 Turdidae	15. 乌鸫 *Eurasian Thrush*	LC	LC		1	1	0.021	7.69
	鸡形目 Galliformes	雉科 Phasianidae	16. 暗腹雪鸡 *Tetraogallus himalayensis*	LC	NT	II	4	15	0.316	30.77
			17. 石鸡 *Alectoris chukar*	LC	LC		2	4	0.084	15.39
家畜 Livestock			18. 马 *Equus caballus*				3	3	0.063	23.08
			19. 牛 *Bos taurus*				3	51	1.074	23.08
			20. 山羊 *Capra hircus*				4	9	0.19	30.77

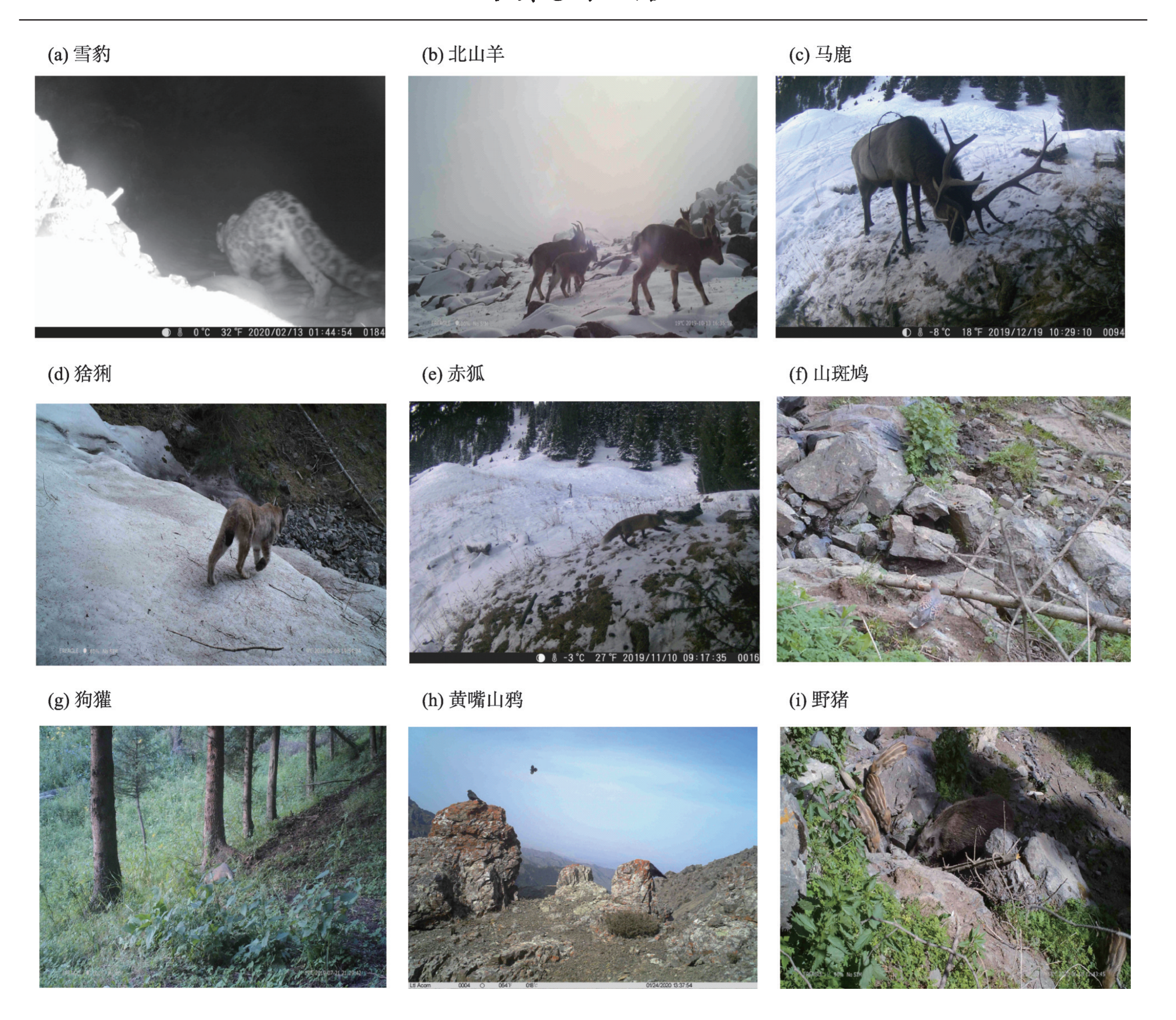


图3　天池博格达峰自然保护区红外相机拍摄到的部分动物照片

Fig. 3　Some photos of mammals and birds recorded by infrared camera in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

些问题。但是红外相机作为一种较新的监测手段也存在一定局限性[30]，比如红外相机分辨率低、灵敏度有限，对移动迅速或体形较小的鸟类和啮齿类动物监测能力较弱，而且红外相机只能监测在地面活动的鸟类，对林鸟和水禽等物种的监测具有偶然性和局限性，不能完全反映监测地区鸟类的物种多样性[31-33]。本次调查发现保护区内鸟类的相对多度指数、网格占有率、独立有效照片数均明显低于兽类，国内其他一些保护区的红外相机监测也有类似的结果[29,32]，这表明红外相机监测确实存在局限性。需要指出的是，红外相机对中大体型地栖性鸟类的监测效果较好，如保护区中分布的国家二级保护鸟类暗腹雪鸡，虽然其分布区窄且种群密度低，但是仍然多次被红外相机拍到，表明红外相机对这种类型的鸟类有较好的监测效果。

本研究对保护区森林生境以及林线以上的高山草甸及裸岩生境区域布设红外相机开展鸟类和兽类物种多样性的调查工作。森林生境中拍摄到的兽类中，马鹿的相对多度指数最高，同时它的网格占有率也是最高的，表明马鹿在保护区中的种群密度大且分布广。马鹿虽然获得的照片总数多，但是独立有效照片数远少于照片数，这可能与该物种集群的习性有关，马鹿是群居动物，在拍摄到的照片中多成群出现，并且时间也比较集中，因此独立有效照片数远少于照片数。在林线以上的高山草甸及裸岩生境中，鸟类相对多度指数最高的是暗腹雪鸡，同时它的网格占有率也是最高的，表明在该生境类型中雪鸡的密度大而且分布广。雪鸡是一

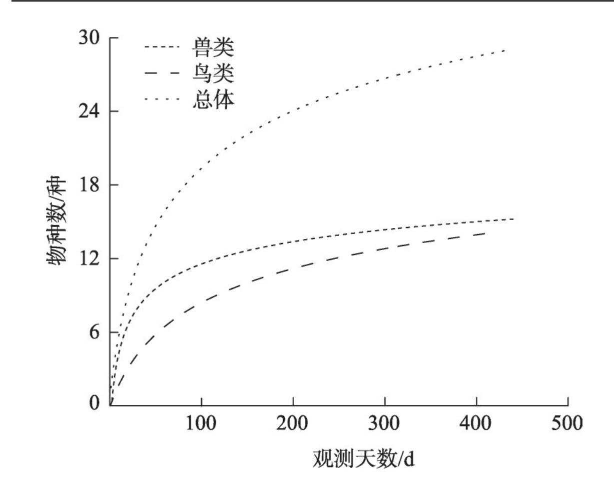


图4　天池博格达峰自然保护区红外相机记录的物种数随观测天数的累积曲线

Fig. 4　Accumulative curve of species number recorded by infrared camera with observation days in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve

种典型的高山鸟类，体型大，易于被红外相机捕捉到，而且雪鸡喜集群，因此，雪鸡的相片数也远多于有效照片数。高山草甸及裸岩生境中的鸟类多为地栖型，尽管体型不大，仍然可以被红外相机记录，可作为辅助调查手段（这是与森林生境的不同之处）。本次调查中有8个位点拍摄到北山羊，其中有2个位点还拍摄到了雪豹，虽然红外相机未拍摄到雪豹捕食北山羊的照片，但在与保护区相关管理部门的交流中得知，雪豹咬死咬伤北山羊事件时有发生，也间接证明雪豹与北山羊之间捕食与被捕食的关系，下一步我们会加强对北山羊出现位点的监测力度，针对雪豹和北山羊开展有针对性的监测工作，以期获取更多雪豹和北山羊的分布以及活动规律等数据和信息。

食肉动物在生态系统中占据非常重要的地位[33]，它们处于食物链顶端，通过捕食控制处于食物链中下层的食草动物，间接对局部地区植被的结构产生影响，它们存在与否以及种类有多少可以衡量生态系统的健康程度[34]。此次共发现3种食肉类动物，分别是国家I级保护动物雪豹，以及国家II级保护动物猞猁和赤狐。其中雪豹在2个监测位点出现，拍摄到2张独立有效照片；猞猁在2个监测点出现，拍摄到3张独立有效照片；赤狐出现位点和独立有效照片数均较多。雪豹是国家一级保护动物，也是中亚高山地区的旗舰物种，猞猁是国家二级保护动物，也是低海拔地区代表性的大中型食肉动物。红外相机还捕获到北山羊、蒙古野兔、田鼠等动物的影像资料，它们的数量丰富，可以为上述食肉动物提供充足的食物资源。食物链中不同等级野生动物的出现，表明保护区的野生动物多样性较高，食物链结构完整，人为干扰较少，整个生态系统较为健康完整[29]。雪豹作为高山生态系统中的旗舰物种和国家I级重点保护动物，是山地生态系统中最重要的物种之一。在保护区的野生动物名录中有雪豹，但是近15 a没有人在保护区中见到或记录到雪豹，本次红外相机调查，首次在博峰保护区拍摄记录到雪豹，这对保护区在珍稀濒危物种的保护以及管理等方面都有重要意义。狼（*Canis lupus*）是世界上分布最广的大型肉食动物之一[35]，主要以大中体型的食草动物以及牛、马、羊等家畜为食[36]，在我国主要分布于东北、西北和内蒙等北方地区[35]。本次红外相机野生动物监测中没有记录到这一北方广布物种可能有2方面的原因。一是自2013年被列为世界自然遗产地以来，保护区内实行严格的禁牧[15]，家畜很少进入保护区。狼的食物中有相当一部分来自于家畜[37]，禁牧使狼的食物大大减少，这可能是目前保护区内狼少的原因之一。其次，狼通常在较平坦的山区和草原活动[35,38]，而博峰保护区主要以森林以及林线以上的高山草甸及裸岩生境为主，地形坡度较陡，高差较大，不是狼的典型生境[39-40]，这可能是本次调查没有记录到狼的另一个原因。保护区中是否有狼？主要分布在哪里？数量有多少？还有待通过今后的研究来回答。

从物种累积曲线看，相机工作日在100 d以下时，兽类监测物种数快速增长，100~300 d呈现缓慢增长的趋势，随后趋于稳定；鸟类监测物种数0~100 d呈现较快增长趋势，100~300 d累积曲线增速减慢，300~450 d时呈现缓慢上升的趋势。结果表明本次为期450 d的红外相机监测对兽类而言监测时长充分，但对鸟类而言还不够，保护区中地面活动鸟类的丰富度应远远大于监测到的物种丰富度，这一结果与其他保护区的监测结果相似[29]，主要与监测时长有关（15个月）。

本次对博峰保护区的调查主要在2种生境类型中实施，一类是海拔1600~2600 m的林地，一类是海拔2600 m以上的高山草甸及裸岩区域。这2种不同的生境类型中记录到的动物种类有明显差异。

在林地中记录到的以马鹿、野猪、狍等动物为主，它们主要生活在森林环境和低海拔区域中。而在高山草甸及裸岩生境中记录到的动物则以雪豹、北山羊、雪鸡等山地动物为主。结果表明，在博峰保护区中，不同环境中栖息的动物有较大差异，同时也表明不同物种对生境的需求不同，在保护区管理时针对不同的生境和不同物种要有所侧重和区别。

近年来，人为干扰成为野生动物生存面临的主要威胁[41]，而在保护区内放牧是最大的人为干扰因子。本次调查红外相机未拍摄到人类活动的照片，表明保护区内人类活动受到了严格管控，但是在保护区边缘布设的红外相机拍摄到一些牛、羊等家畜的照片，表明保护区内仍然存在着家畜的干扰，在今后的保护区管理中需要注意这个问题，尽量减少保护区内的人为活动，以减轻对野生动物的干扰。

5 结 论

本研究首次利用红外相机对保护区开展了为期15个月的鸟兽多样性连续观测，证明红外相机监测技术完全适用于博峰保护区的野生动物调查，并且第一次用影像资料证明了雪豹在保护区中确有分布，同时还获得了大量的猞猁、北山羊、马鹿等国家重点保护的珍稀濒危物种在保护区的分布与相对数量信息。

博峰保护区作为省级自然保护区、世界自然遗产地以及“人与生物圈”保护区，景观类型丰富，鸟类和兽类多样性较高。本研究对保护区森林生境以及高山草甸及裸岩生境区域开展的鸟兽物种多样性的调查证明了保护区的野生动物多样性较高。在森林生境中，兽类RAI最高的是马鹿，鸟类RAI最高的是山斑鸠；高山草甸及裸岩生境中，兽类RAI最高的是马鹿，鸟类RAI最高的是暗腹雪鸡和黄嘴山鸦。本次调查还发现了雪豹、猞猁、赤狐这3种食肉动物，更加证明了博峰保护区生态系统的健康完整性。

研究结果可为了解天池博格达峰自然保护区鸟类和兽类多样性提供可靠的数据参考，为保护区后续开展珍稀濒危物种的保护和管理提供科学依据。在后续的红外相机监测中，我们会增加红外相机监测位点及数量，扩大监测范围，延长监测时间，建立长期监测机制，同时结合传统样点法和样线法进行野外调查，以期更全面、系统、准确的对保护区的鸟类和兽类多样性开展长期监测和评估。

致谢：感谢新疆阜康国有林管理局和天池博格达峰自然保护区的资助以及对研究工作提供的支持，感谢汪沐阳、吴珂、余怡欣、靳世杰、孟庆文、朱贵保、阿里木江、沙塔尔等在野外调查中给予的帮助，感谢中国科学院新疆生态与地理研究所的Osama Abdalla Abdelshafy Mohamad对本文英文内容的修改。

参考文献(References)

[1] Huang S, Stephens P R, Gittleman J L. Traits, trees and taxa: Global dimensions of biodiversity in mammals[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2012, 279(1749): 4997-5003.

[2] Avenant N. The potential utility of rodents and other small mammals as indicators of ecosystem ‘integrity’ of South African grasslands[J]. Wildlife Research, 2011, 38(7): 626-639.

[3] 李晟, 王大军, 肖治术, 等. 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景[J]. 生物多样性, 2014, 22(6): 685-695. [Li Sheng, Wang Dajun, Xiao Zhishu, et al. Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: Review and outlook [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 685-695.]

[4] 李勤, 邬建国, 寇晓军, 等. 相机陷阱在野生动物种群生态学中的应用[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 947-955. [Li Qin, Wu Jianguo, Kou Xiaojun, et al. Applications of camera trap in wildlife population ecology[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(4): 947-955.]

[5] Balme G A, Slotow H R. Evaluating methods for counting cryptic carnivores[J]. Journal of Wildlife Management, 2009, 73(3): 433-441.

[6] 李明富, 李晟, 王大军, 等. 四川唐家河自然保护区扭角羚冬春季日活动模式研究[J]. 四川动物, 2011, 30(6): 850-855. [Li Mingfu, Li Sheng, Wang Dajun, et al. The daily activity patterns of takin *Budorcas taxicolor* in winter and spring at Tangjiahe Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2011, 30(6): 850-855.]

[7] 宋大昭, 王卜平, 蒋进原, 等. 山西晋中庆城林场华北豹及其主要猎物种群的红外相机监测[J]. 生物多样性, 2014, 22(6): 733-736. [Song Dazhao, Wang Buping, Jiang Jinyuan, et al. Using camera trap to monitor a north Chinese leopard (*Panthera pardus japonesis*) population and their main ungulate prey[J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 733-736.]

[8] 刘鹏, 付明霞, 齐敦武, 等. 利用红外相机监测四川大相岭自然保护区鸟兽物种多样性[J]. 生物多样性, 2020, 28(7): 905-912. [Liu Peng, Fu Mingxia, Qi Dunwu, et al. Camera-trapping survey of wild mammals and birds in Daxiangling Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Biodiversity Science, 2020, 28(7): 905-912.]

[9] 肖治术, 胡力, 王翔, 等. 汶川地震后鸟兽资源现状: 以都江堰光光山峡谷区为例[J]. 生物多样性, 2014, 22(6): 794−797. [Xiao Zhishu, Hu Li, Wang Xiang, et al. Wildlife diversity after Wenchuan earthquake: A case from Guangguangshan Valley of Longxi-Hongkou National Nature Reserve, southwest China[J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 794−797.]

[10] 万华伟, 张志如, 夏霖, 等. 1980—2015年西北地区脊椎动物种群数量及生境变化分析[J]. 干旱区地理, 2021, 44(6): 1740−1749. [Wan Huawei, Zhang Zhiru, Xia Lin, et al. Analysis of changes in the number of vertebrata and habitat in northwest China from 1980 to 2015[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(6): 1740−1749.]

[11] 古力江·哈孜, 梁瀛. 新疆天池博格达峰自然保护区森林火灾防控对策[J]. 森林防火, 2019(2): 8−11. [Khaz Gullijiang, Liang Ying. Forest fire prevention and control countermeasures in Xinjiang Tianchi Bogda Peak Nature Reserve[J]. Forest Fire Prevention, 2019(2): 8−11.]

[12] 郭玉琳, 赵勇, 周雅蔓, 等. 新疆天山山区夏季降水日变化特征及其与海拔高度关系[J]. 干旱区地理, 2022, 45(1): 57−65. [Guo Yulin, Zhao Yong, Zhou Yaman, et al. Diurnal variation of summer precipitation and its relationship with altitude in Tianshan Mountains of Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(1): 57−65.]

[13] 陈曦. 中国干旱区自然地理[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 456−458. [Chen Xi. Physical geography of arid areas in China[M]. Beijing: Science Press, 2010: 456−458.]

[14] 艾尼瓦尔·吐米尔, 买买提·沙塔尔, 阿布都拉·阿巴斯. 乌鲁木齐市郊地衣分布格局及其与环境的关系[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(4): 76−82. [Thumir Ennival, Shatar Mameti, Abbas Abdollah. Distribution pattern of lichens and its relationship with environment in Urumqi suburbs[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2013, 41(4): 76−82.]

[15] 杨兆萍, 张小雷, 徐晓亮, 等. 新疆天山世界自然遗产[M]. 北京: 科学出版社, 2017: 41−59. [Yang Zhaoping, Zhang Xiaolei, Xu Xiaoliang, et al. Xinjiang Tianshan world heritage nomination[M]. Beijing: Science Press, 2017: 41−59.]

[16] 姬云瑞, 陶义, 李昌林, 等. 利用红外相机调查四川雪宝顶国家级自然保护区鸟类和兽类多样性[J]. 生物多样性, 2021, 29(6): 805−810. [Ji Yunrui, Tao Yi, Li Changlin, et al. Using camera traps to survey mammals and birds in Sichuan Xuebaoding National Nature Reserve[J]. Biodiversity Science, 2021, 29(6): 805−810.]

[17] 王东, 万雅琼, 汪世钊, 等. 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域鸟兽多样性[J]. 生物多样性, 2020, 28(9): 1132−1140. [Wang Dong, Wan Yaqiong, Wang Shizhao, et al. Camera-trapping survey of the diversity of mammals and birds in the Tuotuo River Basin of the source region of the Yangtze River[J]. Biodiversity Science, 2020, 28(9): 1132−1140.]

[18] 黄凯, 万雅琼, 李佳琦, 等. 四川白河国家级自然保护区鸟兽红外相机监测[J]. 生物多样性, 2021, 29(4): 554−559. [Huang Kai, Wan Yaqiong, Li Jiaqi, et al. Camera-trapping survey on mammals and birds in Baihe National Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Biodiversity Science, 2021, 29(4): 554−559.]

[19] 蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 等. 中国哺乳动物多样性[J]. 生物多样性, 2017, 25(8): 886−895. [Jiang Zhigang, Liu Shaoying, Wu Yi, et al. China's mammal diversity[J]. Biodiversity Science, 2017, 25(8): 886−895.]

[20] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2017: 1−456. [Zheng Guangmei. A checklist on the classification and distribution of the birds of China[M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2017: 1−456.]

[21] Smith A T, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2009: 1−671. [Smith A T, Xie Yan. A guide to the mammals of China[M]. Changsha: Hunan Education Press, 2009: 1−671.]

[22] 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2000: 1−680. [MacKinnon J, Phillipps K, He Fenqi. A field guide to the birds of China[M]. Changsha: Hunan Education Press, 2000: 1−680.]

[23] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性, 2016, 24(5): 501−551, 615. [Jiang Zhigang, Jiang Jianping, Wang Yuezhao, et al. Red list of China's vertebrates[J]. Biodiversity Science, 2016, 24(5): 501−551, 615.]

[24] Masatoshi Y. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: A case study on Mount Tsukuba, central Japan [J]. Mammal Study, 2004, 29(1): 37−46.

[25] 张明明, 杨朝辉, 王丞, 等. 贵州梵净山国家级自然保护区鸟兽红外相机监测[J]. 生物多样性, 2019, 27(7): 813−818. [Zhang Mingming, Yang Zhaohui, Wang Cheng, et al. Camera-trapping survey on mammals and birds in Fanjingshan National Nature Reserve, Guizhou, China[J]. Biodiversity Science, 2019, 27(7): 813−818.]

[26] 袁景西, 张昌友, 谢文华, 等. 利用红外相机技术对九连山国家级自然保护区兽类和鸟类资源的初步调查[J]. 兽类学报, 2016, 36(3): 367−372. [Yuan Jingxi, Zhang Changyou, Xie Wenhua, et al. Using camera traps to investigate mammal and bird diversity in the Jiulianshan National Nature Reserve, Jiangxi Province[J]. Acta Theriologica Sinica, 2016, 36(3): 367−372.]

[27] 包新康, 王亮, 卢梦洁, 等. 利用红外相机监测甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区鸟兽物种多样性[J]. 生物多样性, 2020, 28(9): 1141−1146. [Bao Xinkang, Wang Liang, Lu Mengjie, et al. Investigation of bird and mammal diversity in the Gansu Anxi Extreme-arid Desert National Nature Reserve using infrared camera traps[J]. Biodiversity Science, 2020, 28(9): 1141−1146.]

[28] 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 等. 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用[J]. 兽类学报, 2012, 32(1): 67−71. [Wu Pengfeng, Liu Xuehua, Cai Qiong, et al. The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi[J]. Acta Theriologica Sinica, 2012, 32(1): 67−71.]

[29] 李晟, 王大军, 卜红亮, 等. 四川省老河沟自然保护区兽类多样

性红外相机调查[J]. 兽类学报, 2016, 36(3): 282−291. [Li Sheng, Wang Dajun, Bu Hongliang, et al. Camera-trapping survey on the mammal diversity of the Laohegou Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Acta Theriologica Sinica, 2016, 36(3): 282−291.]

[30] 肖治术, 陈立军, 宋相金, 等. 基于红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区大中型兽类与雉类的编目清查与评估[J]. 生物多样性, 2019, 27(3): 237−242. [Xiao Zhishu, Chen Lijun, Song Xiangjin, et al. Species inventory and assessment of large and medium-size mammals and pheasants using camera trapping in the Chebaling National Nature Reserve, Guangdong Province [J]. Biodiversity Science, 2019, 27(3): 237−242.]

[31] 朱淑怡, 段菲, 李晟. 基于红外相机网络促进我国鸟类多样性监测: 现状、问题与前景[J]. 生物多样性, 2017, 25(10): 1114−1122. [Zhu Shuyi, Duan Fei, Li Sheng. Promoting diversity inventory and monitoring of birds through the camera-trapping network in China: Status, challenges and future outlook[J]. Biodiversity Science, 2017, 25(10): 1114−1122.]

[32] 张倩雯, 龚粤宁, 宋相金, 等. 红外相机技术与其他几种森林鸟类多样性调查方法的比较[J]. 生物多样性, 2018, 26(3): 229−237. [Zhang Qianwen, Gong Yuening, Song Xiangjin, et al. Comparing the effectiveness of camera trapping to traditional methods for biodiversity surveys of forest birds[J]. Biodiversity Science, 2018, 26(3): 229−237.]

[33] Seki S I. Camera-trapping at artificial bathing sites provides a snapshot of a forest bird community[J]. Journal of Forest Research, 2010, 15: 307−315.

[34] 施小刚, 胡强, 李佳琦, 等. 利用红外相机调查四川卧龙国家级自然保护区鸟兽多样性[J]. 生物多样性, 2017, 25(10): 1131−1136. [Shi Xiaogang, Hu Qiang, Li Jiaqi, et al. Camera-trapping surveys of the mammal and bird diversity in Wolong National Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Biodiversity Science, 2017, 25 (10): 1131−1136.]

[35] 端肖楠, 初雯雯, 王渊, 等. 新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区冬季狼的家域[J]. 兽类学报, 2016, 36(4): 452−458. [Duan Xiaonan, Chu Wenwen, Wang Yuan, et al. The largest gray wolf (*Canis lupus*) home ranges in the world may exist in the Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang, China[J]. Acta Theriologica Sinica, 2016, 36(4): 452−458.]

[36] 高中信, 马建章, 张洪海, 等. 内蒙古东部地区狼的食性初步研究[J]. 兽类学报, 1996, 16(2): 95−99. [Gao Zhongxin, Ma Jianzhang, Zhang Honghai, et al. A preliminary study on feeding habits of wolves in eastern Inner Mongolia[J]. Acta Theriologica Sinica, 1996, 16(2): 95−99.]

[37] 高中信, 李津友. 狼的生态和消灭方法[J]. 动物学杂志, 1975(1): 22−23. [Gao Zhongxin, Li Jinyou. Wolf ecology and eradication methods[J]. Chinese Journal of Zoology, 1975(1): 22−23.]

[38] 江泓慧, 李波, 马跃, 等. 利用线粒体DNA控制区鉴别狼与狗可行性分析[J]. 野生动物学报, 2018, 39(2): 277−285. [Jiang Honghui, Li Bo, Ma Yue, et al. Feasibility analysis of species identification of dogs and wolves by partial sequence of mtDNA control region[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2018, 39(2): 277−285.]

[39] 高中信. 世界狼的分布及种群现状[J]. 野生动物, 1997, 18(3): 27−28. [Gao Zhongxin. Status of the world's wolves[J]. Chinese Wildlife, 1997, 18(3): 27−28.]

[40] 张洪海, 张培玉, 王振龙, 等. 世界狼的分布、种群数量及保护现状[J]. 曲阜师范大学学报(自然科学版), 1999(1): 103−105. [Zhang Honghai, Zhang Peiyu, Wang Zhenlong, et al. Distribution, population number and conservation status of wolves in the world [J]. Journal of Qufu Normal University (Natural Science Edition), 1999(1): 103−105.]

[41] Wallace P. Managing human disturbance of wildlife in coastal areas[J]. New Zealand Geographer, 2016, 72(2): 133−143.

Camera trapping survey of birds and mammals in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve of Xinjiang, China

BAI Hui[1,2,3,4], YIN Liying[1,5], SU Huiming[6], GAO Feng[6], MU Yuqing[6], ZHANG Yunyun[4,5], TONG Yuping[1,2,3,4], XU Wenxuan[1,2,3], CAO Qiumei[1,2], YANG Weikang[1,2,3], XU Feng[1,2,3,4]

(1. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 2. The Specimen Museum of Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 3. Mori Wildlife Monitoring and Experimentation Station, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Mori 831900, Xinjiang, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 5. College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang, China; 6. Tianchi Bogda Peak Nature Reserve Administration, Fukang 831500, Xinjiang, China)

Abstract: Infrared cameras have the advantages of minimal disturbance to animals, continuous photography of hidden species, and easy preservation and retrieval of image data. It is suitable for monitoring medium to large mammals and terrestrial birds to obtain their real existence statuses. In this study, we systematically investigated and determined the species diversity of wild mammals and birds in the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve of Xinjiang, China. In July 2019—September 2020, 58 infrared cameras were placed at 30 planned locations across the reserve. We obtained 99850 images and videos during a survey of 29730 camera days and collected 5744 independent valid photos after screening. A total of 29 species belonging to 9 orders and 19 families were observed, among which we found 15 mammal species belonging to 5 orders and 10 families, and 14 bird species belonging to 4 orders and 9 families in the reserve. One Class I National Key Protected Species of wild animals was the snow leopard (*Panthera uncia*), and six Class II National Key Protected Species of wild animals were the sibirica ibex (*Capra sibirica*), red deer (*Cervus canadensis*), Eurasian lynx (*Lynx lynx*), red fox (*Vulpes vulpes*), black kite (*Milvus migrans*), and Himalayan snowcock (*Tetraogallus himalayensis*). The presence of three carnivores, namely, snow leopards, Eurasian lynx, and red fox, indirectly confirmed the health of the Tianchi Bogda Peak Nature Reserve ecosystem. In forest habitat, the most abundant mammal specials with the highest RAI was the red deer (RAI=60.569), and the most abundant avian species with the highest RAI was the turtledove (*Streptopelia orientalis*, RAI=0.854). In alpine meadow and bare rock habitat, the most abundant mammal species with the highest RAIs was the red deer (RAI=18.693), and the most abundant avian species with the highest RAIs were the Himalayan snowcock (*Tetraogallus himalayensis*, RAI=0.316) and yellow-billed chough (*Pyrrhocorax graculus*, RAI=0.854). The species accumulation curve showed that the number of mammal species recorded using the infrared camera will not increase until 200 days. After 100 days, the growth in the number of bird species slowed but did not halt until the research ended. The presence of three carnivores, namely, snow leopards, Eurasian lynx, and red fox, indirectly confirms the health of the Bogda Nature Reserve ecosystem. In this study, the species diversity of wild mammals and birds in Tianchi Bogda Peak Nature Reserve was continuously observed using the infrared camera for the first time, and we obtained a large amount of image data. It provides a reliable reference for systematically revealing mammal and bird diversity monitoring and assessment in the reserve as well as provides the scientific foundation for subsequent conservation and management. In the future, we will increase the number of infrared camera monitoring sites and expand the scope of surveillance, extend the time of monitoring, and establish a long-term monitoring mechanism. When necessary, traditional sample methods such as line transect and infrared camera monitoring methods were combined to obtain more systematic and accurate monitoring data and results of bird and mammal diversity in the reserve.

Key words: relative abundance index; grid occupancy; accumulative curve of species number; species diversity